Strahlstabilisierung
„Dynamic”

Benutzerhandbuch

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Beschreibung....3
2. Systembestandteile....3
3. Spezifikation....4
   3.1. Positionsgenauigkeit....5
4. Installation und Bedienung....6
   4.1. Kurzanleitung „Schritt-für-Schritt“....6
   4.2. Einführung....7
   4.3. Installation der optischen Komponenten....8
   4.4. Ein-/Ausgänge....10
   4.5. Intensitätseinstellung....10
   4.6. Richtungskodierung der Detektorausgänge....10
   4.7. Optimierung der Laserstrahlposition auf dem Detektor....11
5. Bedienungs- und Sicherheitsfunktionen....11
   5.1. Leistungs-Aussteuerungsanzeige....11
   5.2. Nullpositionierung bei Leistungsabfall....11
   5.3. Einschaltverzögerung....12
   5.4. Drehschalter für Signalverstärkung....12
   5.5. Regelungsstatus (Interlock)....12
   5.6. Schalter für Bandbreitenbegrenzung....12
6. Optische Komponenten....13
   6.1. Kippspiegel-Halter PKS....13
   6.2. Kippspiegel-Halter PSH....13
   6.3. Detektoren....14
7. Bauteil-Zeichnungen....15
   7.1. Spiegelhalter PKS....15
   7.2. Spiegelhalter PSH....15
   7.3. Detektorgehäuse....16
8. Fehlerbehebung....16
   8.1. Keine Anzeige – alles dunkel –....16
   8.2. "Dynamic" regelt nicht....16
   8.3. Die Kippspiegel sind akustisch deutlich wahrzunehmen....16
   8.4. Laserposition nicht stabil....17
9. Sicherheit....17
10. Checkliste für Laserdaten....18
   10.1. Laserdaten....18
   10.2. Aufbaudaten....18
   10.3. Spiegel....18
11. Kontakt....18

1. Allgemeine Beschreibung

Die *Dynamic* Laserstrahl-Stabilisierung kompensiert Vibrationen, Stöße, thermische Fluktuationen oder andere unerwünschte Veränderungen der Laserstrahlrichtung. Sie ist überall von Nutzen, wo Laserstrahl-schwankungen oder Bewegungen auftreten, aber eine hohe Präzision und Reproduzier-barkeit der Laserstrahlrichtung benötigt wird.

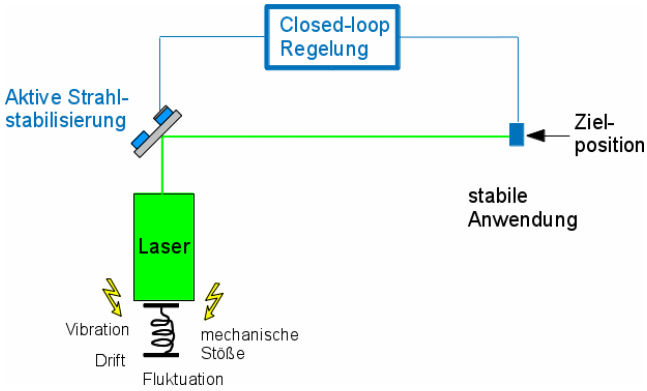


Abb. 1: Prinzip der Laserstrahl-Stabilisierung

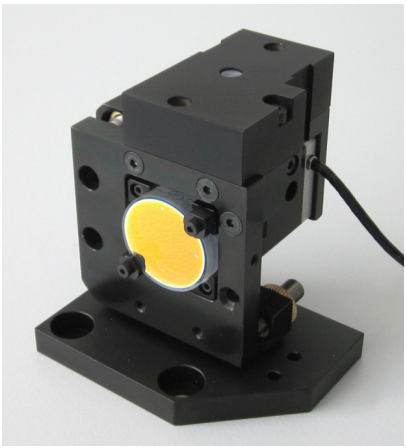
Mit dem Zentrum einer 4-Quadranten-Diode (4QD) oder mit einer PSD wird jeweils eine Sollposition des Laserstrahls fest vor-gegeben. Dazu kann der schwache transmittierte Strahlanteil hinter einem hoch-reflektierenden 90°-Spiegel genutzt werden (siehe Abb. 3 und 4).

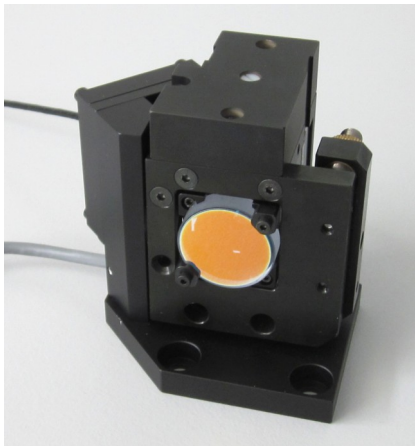
Der Regelkreis ermittelt ständig die Abweichung von der vorgegebenen Sollposition und steuert die schnellen Aktuatoren so an, dass die Kippspiegel den Laserstrahl darauf festhalten.

Das System steht in zwei unterschiedlichen Ausführungen zur Verfügung. Die 2-Achsen-Regelung be-steht aus einem Detektor mit dem zugehörigen Kippspiegel, der den Strahl um zwei Achsen verkippt. Der Laserstrahl wird hierbei nur auf eine Sollposition fixiert, die durch das Zentrum des einen Detektors vorgegeben wurde. D. h. je nach Auftreffpunkt auf dem Kippspiegel verändert sich die Strahlrichtung. Die Kombination von zwei Detektor-Kippspiegel-Paaren bildet die 4-Achsen-Regelung. Diese detektiert den Laserstrahl an zwei entfernten Sollpositionen, wodurch auch die Strahlrichtung fixiert wird.

2. Systembestandteile

Die Strahlstabilisierung besteht zum einen aus den optoelektronischen Komponenten wie Kippspiegeln und Detektoren, zum anderen aus der Elektronik. Wir bieten verschiedene Typen von Aktuatoren und Detektoren an. Bitte vergleichen Sie hierzu die Angaben in Abschnitt 3 und die Bilder in Abschnitt 6.





Abbildungen 2, 3 und 4 (von links nach rechts): Kippspiegel mit Piezoelement (Version PSH), Kippspiegel-Detektor-Kombination, einzelner Detektor

Die Elektronik besteht aus folgenden Komponenten:

- Netzteil zur Versorgung der Piezoverstärker („*PS-A*“)
- Piezoverstärker („*Piezo Amplifier*”)
- Regelung („*Active Beam Align*”)
- Netzteil zur Versorgung der Regelung („*PS-C*“)

Abb 5: Elektronik für das 4-Achsen-System, d.h. mit zwei Piezoverstärkern

3. Spezifikation

Optische Eigenschaften	
Wellenlänge	320 bis 1100 nm, siehe auch Anmerkung 2
Laser-Repetitionsrate	> 100 Hz oder cw
Laserstrahl-Durchmesser	< 6 mm (1/e²), siehe auch Anmerkung 1
Strahlhöhe	37 mm (Für andere Höhen können wir Adapter anbieten.)
Spiegeldurchmesser	1" (Standard), andere Spiegeldurchmesser auf Anfrage
Spiegeldicke	1/4“ oder 1/8" (empfohlen)
Gehäusedimensionen (Controller)	
19" Rack	3HE/U, 84TE
Kippspiegel	
Typ 1: PKS (K-700-31)	
Aktuator-Typ	Piezoelektrische Stellelemente
Bandbreite	< 700 Hz (gemessen mit 1" Spiegel, Spiegeldicke: 1/8")
Maximale Verkippung	< 1 mrad (± 0.5 mrad)
Typ 2: PSH (K-102-10)	
Aktuator-Typ	Piezoelektrische Stellelemente
Bandbreite	< 840 Hz (gemessen mit 1" Spiegel, Spiegeldicke: 1/8")
Maximale Verkippung	< 2 mrad (± 1 mrad)
Positionsdetektor	
Detektortyp	Si 4-Quadranten-Diode (für Standard-Wellenlängen), siehe auch Anmerkung 2
Bandbreite	< 10 kHz
Detektionsfläche	10 x 10 mm² (bei Standard-Wellenlängen), siehe auch Anmerkung 2
Optische Filter	11,9 x 11,9 mm²

Weitere Funktionen	
Leistungs-Aussteuerungsanzeige	Balken-LED mit 10 Elementen
Nullpositionierung bei Leistungsabfall	Leistung auf den Detektoren fällt unter 10% der Sättigung
Einschaltverzögerung	ca. 300 ms
Einstellbare Signalverstärkung	3 Stufen: ×1, ×4, ×14

Steckverbindungen am Elektronik-Rack	
Aktuator	LEMO 0S
Regelungsstatus (Interlock)	LEMO 00
4-QD Eingang	LEMO 0B
x- und y-Ausgang Strahlposition	MCX

Kabellängen	
Detektor → Controller (2 Stück)	4 m (andere Längen auf Anfrage)
Aktuator → Controller (2 Stück)	PKS: 1,5 m (direkt am Piezostellelement montiert) PSH: 1,2 m (direkt am Piezostellelement montiert)
Aktuator → Controller (Verlängerung)	10 m (ein Kabelpaar für einen Aktuator im Lieferumfang enthalten, weitere Kabel oder andere Längen auf Anfrage)
x-y-Positionskabel (2 Stück)	2 m (andere Längen auf Anfrage)

Anmerkungen:

(1) Falls der Strahldurchmesser mehr als 6-8 mm beträgt, kann eine Linse vor dem Detektor eingesetzt werden. Bei größeren Strahldurchmessern sind Adapter für 2" oder andere Spiegel auf Anfrage erhältlich (siehe z.B. Abbildung 11b in Abschnitt 6.2).

(2) UV- und IR-Detektoren sind auf Anfrage erhältlich. Deren Abmessungen und Detektionsflächen können abweichen. Alternativ zu den 4QDs bieten wir auch PSDs an. Diese weisen ebenfalls andere Abmessungen und Detektionsflächen auf.

3.1. Positionsgenauigkeit

Die Positionsgenauigkeit hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Optischer Abstand zwischen Kippspiegel und dazugehörigem Detektor: Die Genauigkeit ist umso größer, je größer der Abstand gewählt werden kann. Der erste Kippspiegel sollte möglichst nah an der Störquelle positioniert werden.
- Strahldurchmesser: Bei gleicher Positionsänderung ergeben sich bei einem kleineren Strahldurchmesser größere Spannungsdifferenzen zwischen den einzelnen Quadranten einer 4QD und somit ein steileres Regelsignal. Deshalb können Laserstrahlen mit kleinen Durchmessern mit einer höheren absoluten Genauigkeit positioniert werden als solche mit großen Durchmessern.
- Intensität: Die Auflösung der Detektoren hängt außerdem von der Intensität auf der Sensorfläche ab. Diese kann durch die Wahl der optischen Filter und elektronisch variiert werden (siehe auch Abschnitt 5.4).
- Repetitionsrate und Pulsdauer: Die Regelungsbandbreite des Systems kann für unterschiedliche Laserparameter optimiert werden. Bei größeren Bandbreiten reagiert das System schneller, womit die Positionsgenauigkeit bei schnellen Störungen zunimmt.

Abbildung 6 zeigt typische Auflösungen der Detektoren. An diesem Beispiel ist zu erkennen, dass bei geeignet gewählten Parametern Auflösungen bis unter 100 nm auf den Detektoren möglich sind. Die Winkelauflösung ergibt sich dann aus den jeweiligen Armlängen.

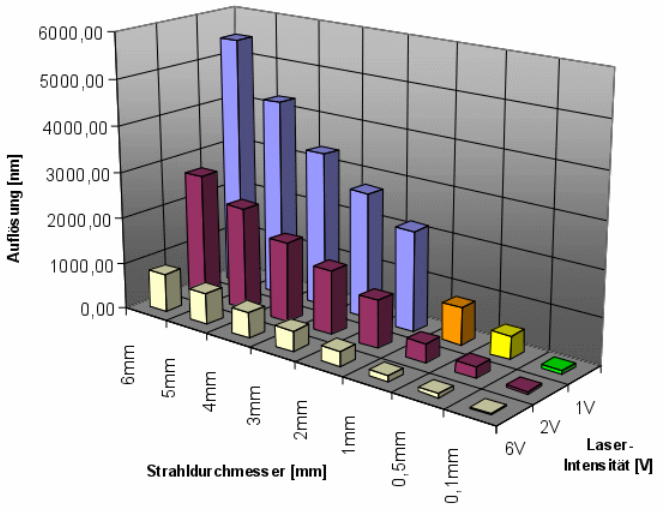


Abbildung 6: Auflösung auf einer 4-Quadrantendiode bei Bestrahlung mit einem roten He-Ne-Laser bei verschiedenen Strahldurchmessern und Laserintensitäten

Die Aktuatoren werden analog angesteuert, so dass ihre Positionsauflösung nicht durch einzelne Schritte limitiert ist. Als Einstellgenauigkeiten für die Piezostellelemente sind Werte von < 2nrad (PKS) bzw. 4 nrad (PSH) spezifiziert.

4. Installation und Bedienung

4.1. Kurzanleitung „Schritt-für-Schritt“

Die folgenden Stichworte sollen Ihnen die erstmalige Inbetriebnahme der Strahlstabilisierung erleichtern. Die dann folgenden Kapitel gehen näher auf die einzelnen Punkte ein.

1) Stabiler Aufbau der optischen Komponenten (Kippspiegel und Detektoren): Die Zentren der Detektoren definieren die Strahllage. Die Detektoren können direkt hinter Spiegeln eingesetzt werden. Sie können aber auch mittels eines Strahlteilers einen Teilstrahl auf die Detektoren lenken.
2) Kabel anschließen: Erster Spiegel mit Ausgängen *X* und *Y* des linken, zweiter mit Ausgängen *X* und *Y* des rechten Piezo-Verstärkers. Erster Detektor mit linkem *4QD*-Eingang, zweiter mit rechtem *4QD*-Eingang.
3) Stromversorgung einschalten (Schalter auf Gehäuserückseite): Daraufhin leuchten die grünen *Range*-LEDs- an den *Piezo Amplifier* Einschüben.
4) Aussteuerung der Intensität auf den Detektoren (mittels des Verstärkungsschalters *Gain* und ggf. durch Austausch von optischen Filtern): Im optimalen Fall leuchten 9 LEDs.
5) Vorjustierung: Justierung des Laserstrahls auf die Detektoren. Aktivieren Sie die Regelung (*Adjust*-Schalter nach unten, so dass die grüne *Active*-LED leuchtet) und justieren Sie den Laserstrahl durch manuelle Verstellung der Kippspiegel auf die Detektoren, bis die vier *Range*-Signale auf den Piezoverstärkern grün leuchten. Wenn dies nicht gelingt, könnte dies an einer falschen Richtungscodierung liegen. Schieben Sie in diesem Fall Schritt 6 ein.

6) Richtungskodierung: Aktivierung der Regelstufe 1. Wenn während der Vorjustierung die roten *Range*-LEDs zwischen der oberen und der unteren Position hin- und herspringen, müssen Sie den entsprechenden Kodierungsschalter für x oder y betätigen (vgl. Abschnitt 4.6).
7) Richtungskodierung analog Schritt 6, nun für Stufe 2.
8) Feintuning für Regelstufe 1: Inaktivierung beider Regelstufen ("Active" LEDs leuchten nicht). Dann Vorgehen gemäß Abschnitt 4.7 bis die x-y-Strahlpositionsausgänge möglichst nahe der Spannung 0V sind.
9) Feintuning für Regelstufe 2: Aktivierung Stufe 1 (Stufe 2 bleibt deaktiviert). Dann weiteres Feintuning gemäß Abschnitt 4.7.
10) Zum geregelten 4-Achsen Betrieb beide Stufen aktivieren.

4.2. Einführung

Die Systembedienung kann anhand von Abbildung 5 beschrieben werden. Am Einschub *Active Beam Align* befinden sich die Konnektoren, Schalter und Anzeigen für zwei Detektoren (*Stage 1* und *Stage 2*). Für jeden Aktuator gibt es einen eigenen Piezoverstärker (Einschub *Piezo Amplifier*). Jede Regelstufe kann unabhängig von der anderen durch Betätigen des *Adjust*-Schalters aktiviert werden. *Adjust* in der unteren Schalterstellung bedeutet, dass die Stufe aktiv ist, *Adjust* in der oberen Schalterstellung bedeutet, dass sie nicht aktiv ist. Die *Range*-Displays zeigen an, ob die Kippspiegel innerhalb des möglichen Erfassungsbereichs eingestellt sind. Die *Active*-LED leuchtet, sobald die Regelstufe aktiv ist. Dies ist dann der Fall, wenn der Schalter betätigt wurde und die Laserleistung auf dem Detektor korrekt ist.

Die *Positions*-Ausgänge neben den Intensitätslevel-Anzeigen können dazu verwendet werden, die aktuelle Position des Laserstrahls an jeder 4-Quadrantendiode auszulesen (x und y).

Anmerkungen:

(1) Sobald die Regelung mittels *Adjust*-Schalter aktiviert wird, bewegen sich die Aktuatoren aus den Nullpositionen heraus und reagieren auf die Eingabe des Controllers.
(2) Falls eine *Range*-LED rot leuchtet, bedeutet dies nicht unbedingt, dass der Strahl nicht stabil ist. Dies weist vielmehr darauf hin, dass keine stärkere Verkippung des Spiegels möglich ist, obwohl dies notwendig wäre.
(3) Falls die Leistung auf dem Detektor zu niedrig ist, werden die Aktuatoren in die Nullposition bewegt (und die *Active*-LED erlischt). Dies geschieht aufgrund der automatischen Abschaltung bei zu niedriger Leistung, die aus Sicherheitsgründen eingebaut wurde (siehe auch Abschnitt 5).

Das Anschließen der Kabel erfolgt recht intuitiv. Sie können der Beschreibung in Abschnitt 4.4. folgen.

Die internen Richtungsschalter ermöglichen die Kodierung der x- und y-Richtungen für jede Regelstufe. Diese sind entsprechend mit 4QD-1 und 4QD-2 verbunden. Eine weitere Beschreibung erfolgt in Abschnitt 4.6. Die Bandbreitenbegrenzung wird in Abschnitt 5.6 beschrieben.

Der Status-Signalausgang (*OK*) kann entweder als Interlock oder zur Steuerung eines Shutters verwendet werden (siehe Abschnitt 5.5).

Anmerkung: Bitte beachten Sie, dass die Piezoelemente eine große Kapazität besitzen. Die Kabel zu den Aktuatoren sollten nicht ausgesteckt werden, solange die Piezoelemente noch geladen sind. D.h. Sie sollten die Strahlstabilisierung mit dem Netzschalter an der linken Gehäuseseite stromlos schalten und dann einige Sekunden warten, bevor Sie die Aktuatorkabel abziehen.

4.3. Installation der optischen Komponenten

Die optischen Komponenten (Kippspiegel und Detektoren) können für unterschiedliche Anwendungen variabel angeordnet werden.

Die Detektoren können hinter hochreflektierenden Spiegeln positioniert werden. Da sie sehr empfindlich sind, können sie bereits mit dem Leakage hinter dem Spiegel arbeiten. Dies hat den Vorteil, dass keine weiteren Komponenten in den Strahlengang gebracht werden müssen. Es ist aber ebenso möglich, ein Glasplättchen oder einen Strahlteiler im Strahlengang einzusetzen, um einen Reflex auf den Detektor zu lenken. Dies kann z.B. bei Laserstrahlen mit größeren Strahldurchmessern notwendig werden, bei denen der Aktuator die Transmission einschränken würde.

In jedem Fall werden die Zentren der 4QDs derart positioniert, dass sie die gewünschte Laserstrahlrichtung bestimmen. Der erste Aktuator sollte in der Nähe des Lasers bzw. der letzten Störungsquelle aufgestellt werden. Der letzte Detektor sollte nahe am Ziel aufgestellt werden.

Anmerkung: Achten Sie beim Aufbau der Komponenten auf eine stabile Mechanik. Idealerweise sollten Sie die vorhandenen Komponenten ohne weitere Positionierungshilfen (wie z.B. Höhenverstellung) fest auf einem optischen Tisch verschrauben. Befinden sich schwingende Komponenten mit Resonanz-frequenzen innerhalb der Regelungsbandbreite im System, können diese die Regelung zum Schwingen bei eben dieser Resonanzfrequenz veranlassen.

Die folgenden Abbildungen 7a-e zeigen eine Auswahl von möglichen Aufbauten. Die Beispiel-Setups beziehen sich auf die 4-Achsen-Regelung mit 4QDs. Sie sind bei der 2-Achsen-Regelung analog anzuwenden mit der Änderung, dass Aktuator 2 und 4QD-2 entfallen.

- Abbildung 7a zeigt einen typischen 4-Achsenaufbau des Systems, bei dem der zu justierende Laserstrahl zuerst auf den Kippspiegel, dann eine Kippspiegel-Detektor-Kombination und zuletzt auf den zweiten Detektor hinter einem Spiegel trifft.

- Abbildung 7b zeigt einen ähnlichen Aufbau, bei dem vor den Detektoren noch Linsen platziert sind. Gleichzeitig wurde ein Strahlteiler in den Strahlengang gestellt. Dieser Aufbau empfiehlt sich z.B. bei großen Strahldurchmessern.

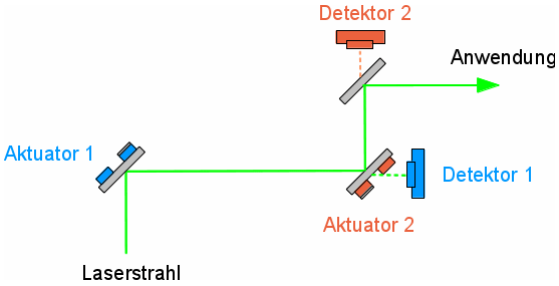


Abbildung 7a: In diesem typischen Aufbau für die 4-Achsen-Regelung wird mit Detektor 1 die Strahlposition auf Aktuator 2 annähernd fixiert. Detektor 2 definiert dann eine zweite Strahlposition und somit den Winkel.

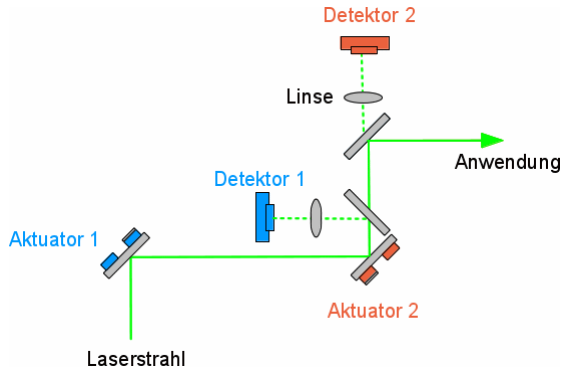


Abbildung 7b: Aufbau wie in 7a, mit zusätzlichem Strahlteiler und Linse vor Detektor 1 sowie Linse vor Detektor 2 (Einsatz z.B. bei großem Strahldurchmesser)

- In Abbildung 7c wurde zugunsten einer besseren Winkelauflösung eine Linse vor Detektor 2 platziert. In diesem Fall sollte die Linse möglichst im Abstand ihrer Brennweite vor dem Detektor stehen. Dabei sollte die Brennweite – abhängig vom Strahldurchmesser - so gewählt

werden, dass der Fokus nicht zu klein wird. Der Strahl sollte auf dem Detektor noch einen Durchmesser von > 50 µm haben, damit er alle Quadranten der Diode trifft. (Das Spacing zwischen den Quadranten beträgt 30 µm.)

- Abbildung 7d zeigt eine Variante von 7c, bei der beide Detektoren gemeinsam hinter einem im Strahlengang befindlichen Spiegel platziert sind. Hier wird vor einem der Detektoren eine Linse aufgestellt, um sowohl die Strahlposition als auch die Strahlrichtung festzuhalten.

- Abbildung 7e zeigt schließlich einen anderen Aufbau, bei dem das 4-Achsen-System als doppeltes 2-Achsen-System genutzt wird, das heißt die beiden Regelstufen des Controllers werden dazu benutzt, zwei voneinander unabhängige Laserstrahlen zu stabilisieren.

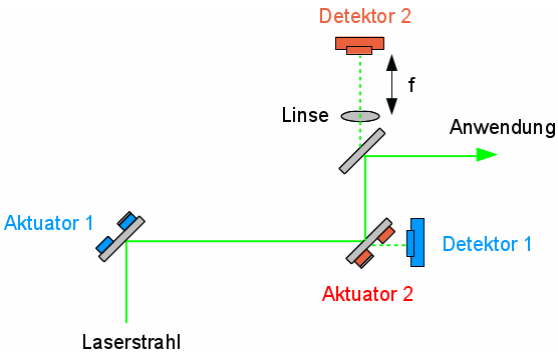


Abbildung 7c: Aufbau wie 7a, über eine Linse vor Detektor 2 erfolgt aber eine Winkeldiskriminierung. Dies kann insbesondere bei kurzen Abständen der Komponenten von Vorteil sein. Der Detektor muss dabei in die Brennebene der Linse gestellt werden.

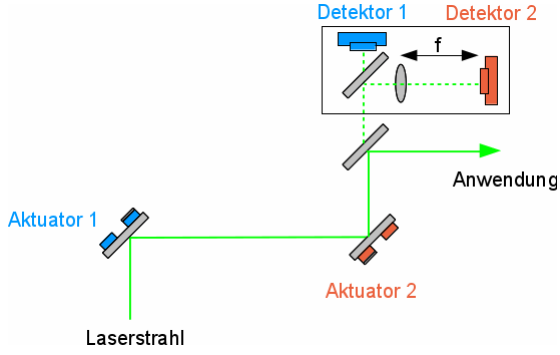


Abbildung 7d: In diesem Aufbau befinden sich beide Detektoren gemeinsam hinter einem Spiegel unmittelbar vor der Applikation. Detektor 2 wird wie in Abbildung 7c zur Winkeldiskriminierung eingesetzt.

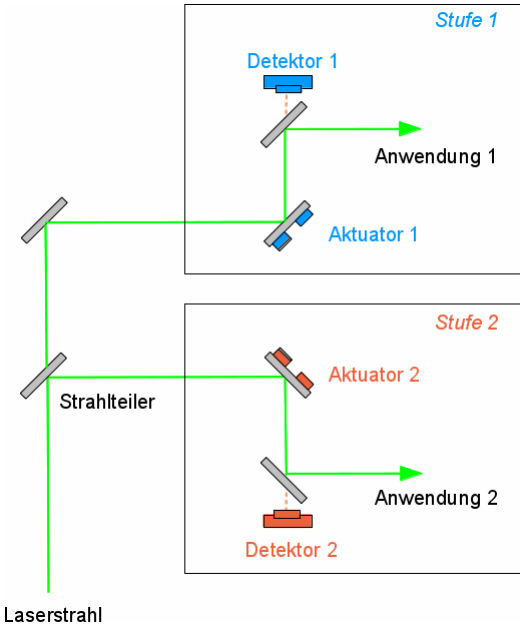


Abbildung 7e: Aufbau eines 4-Achsen-Systems als doppeltes 2-Achsen-System. Mit diesem Aufbau können zwei getrennte Laserstrahlen unabhängig voneinander in der Position stabilisiert werden.

4.4. Ein-/Ausgänge

Der erste Kippspiegel (Abb. 2) wird am linken *Piezo Amplifier* angeschlossen, wobei der obere Ausgang die x-Achse (Horizontale) und der untere Ausgang die y-Achse (Vertikale) antreiben. Die Kippspiegel-Detektor-Kombination mit dem zweiten Kippspiegel (Abb. 3) wird analog mit dem rechten *Piezo Amplifier* verbunden.

Die Signale der ersten 4QD (bei der 4-Achsen-Regelung an der Kippspiegel-Detektor-Kombination) werden mit dem Eingang *Stage 1 4QD In* am Regelungseinschub verbunden, die der zweiten mit *Stage 2 4QD In*.

Anmerkungen:

- Die PKS-Kippspiegelhalter können in zwei um 90° zueinander gedrehten Orientierungen montiert werden. Sie sind bei der Auslieferung so beschriftet, dass die x-Achse die horizontale Verkippung und die y-Achse die vertikale Verkippung vollführt. Sollten Sie die Orientierung einmal selbst verändern, achten Sie bitte darauf, dass immer die horizontale Verkippung an den x-Eingang und die vertikale Verkippung an den y-Eingang der Controller-Elektronik angeschlossen werden.
- Bei der 2-Achsen-Regelung muss der Detektor an den Eingang *Stage 1 4QD In* angeschlossen werden.

4.5. Intensitätseinstellung

Um sicherzustellen, dass die Detektoren im regelbaren Intensitätsbereich arbeiten, muss bei Änderung der Laserintensität die Signalverstärkung am Drehschalter *Gain* über dem jeweiligen Detektoreingang angepasst werden. Schalten Sie hierzu das System ein (Netzschalter auf ON), die Regelung aber aus (Schalter *Adjust* in obere Position, grüne *Active*-LEDs leuchten nicht). Justieren Sie dann den Laser auf die Detektoren, bis als Maximalwert an den Anzeigen *Stage 1* und *Stage 2* mindestens drei, maximal neun LEDs leuchten. Die Verstärkung steigt im Uhrzeigersinn.

Findet sich keine passende Einstellung, müssen die optischen Filter vor den 4-QDs entsprechend angepasst werden. Sind die passenden Filter nicht verfügbar, wenden Sie sich bitte an den Hersteller oder dessen Vertreter.

Anmerkungen:

- Bei Auslieferung befinden sich in der Regel zwei Filter vor der Sensorfläche. Dabei handelt es sich um einen starken Filter zur Grobeinstellung und einem schwächeren zur Feineinstellung. Normalerweise ist der oben liegende, als erstes zugängliche Filter der schwächere Filter.
- Bitte beachten Sie, dass die Sensorfläche recht empfindlich ist. Wenn Sie sie reinigen wollen, sollten Sie dies vorsichtig mit einem trockenen Tuch tun.

Zum Filteraustausch lösen Sie die Kunststoffschrauben, mit denen die Filter im Gehäuse fixiert sind. Durch Kippen des Detektorgehäuses können Sie die Filter dann aus dem Gehäuse fallen lassen. Beim Einsetzen neuer Filter gehen Sie bitte vorsichtig vor, um den Detektor nicht zu beschädigen. Bringen Sie dann die Kunststoffschrauben wieder an, um die Filter zu fixieren.

4.6. Richtungskodierung der Detektorausgänge

Bei Abweichung der Laserstrahlposition auf einem Detektor wird der zugehörige Kippspiegel angesteuert, um den Laserstrahl in die Sollposition zurück zu lenken. Zu jeder Regelungsstufe gehört ein Kippspiegel und ein Detektor gemäß der Beschreibung in den vorausgegangenen Abschnitten. Die zusammen gehörenden Komponenten sind in den Abbildungen 7a-e mit identischen Farben dargestellt. Die Richtung, in die der Kippspiegel bewegt werden muss, hängt aber von der Anordnung der Detektoren und Kippspiegel ab. Sie kann während der im nächsten Abschnitt beschriebenen Grobjustage wie folgt eingestellt werden:

Im Innern des Gehäuses befinden sich oben an der Einschubkassette der Regelung vier rote Schalter. Diese kodieren die x- und y-Richtungen der Regelungsstufen Stage 1 und Stage 2. Um die Richtung für den Regelungsbetrieb korrekt zu kodieren, schalten Sie jeweils eine Stufe ein. Wird der Strahl in x (horizontal) und/oder y (vertikal) nicht in die Mitte der 4-QD, sondern in eine Extremposition gelenkt, müssen Sie den entsprechenden Schalter umlegen.

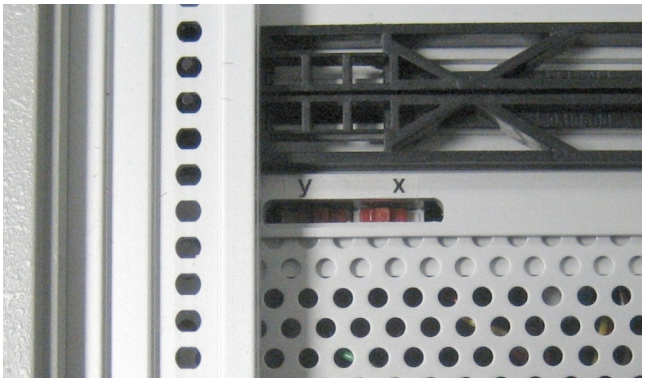


Abbildung 8: Schalter für die Richtungscodierung.

4.7. Optimierung der Laserstrahlposition auf dem Detektor

i. Grobjustage (Nutzung des linearen Regelbereichs der Kippspiegel)
Aktivieren Sie die Regelung (Schalter *Adjust* in untere Position, grüne *Active*-LEDs leuchten) und justieren Sie den Laserstrahl manuell mit den Kippspiegeln so auf die Detektoren, dass an allen vier *Range*-Anzeigen der Piezoverstärker 1 und 2 die grünen *Range*-LEDs wie in Abb. 5 leuchten. Die Kippspiegel arbeiten nun im linearen Regelbereich.

ii. Feintuning (Einstellung der Nullposition und Nutzung des vollen Regelbereichs der Piezoaktoren)
Inaktivieren Sie die Regelung (die Piezoaktuatoren halten dann die Kippspiegel in der festen Null-position; die grünen *Active*-LED sind dunkel) und justieren Sie den Laserstrahl manuell mit den Kippspiegeln so, dass er die Mitte der Detektoren trifft. Hierzu können Sie die vier x-y-Strahlpositions-Ausgänge des Regelungseinschubs nutzen, die eine zur Abweichung von der Sollposition proportionale Spannung liefern. Die Spannungen können Sie sich einfach mit einem Oszilloskop anschauen. Je genauer die Nullposition mit der Sollposition übereinstimmt, desto kleiner ist der Strahlversatz beim Aktivieren der Regelung.

Nach diesen Einstellungen sollte der Laserstrahl bei aktivierter Regelung nach dem letzten Spiegel keine Strahlpositions-Fluktuationen mehr aufweisen.

5. Bedienungs- und Sicherheitsfunktionen

5.1. Leistungs-Aussteuerungsanzeige

Die auf den vier Quadranten jeder 4-QD auftreffende Leistung wird summiert und in relativen Einheiten mittels einer Balken-LED auf der Regelungselektronik angezeigt.

5.2. Nullpositionierung bei Leistungsabfall

Sinkt die Leistung auf einem Detektor unter 10% der Sättigungsleistung (und leuchtet entsprechend nur noch eine LED der Balkenanzeige), fährt die Regelung die Kippspiegel automatisch in die Nullposition.

Damit ist gewährleistet, dass die Kippspiegel in der Nullposition starten, wenn der Laser zuvor ausgeschaltet oder blockiert wurde.

5.3. Einschaltverzögerung

Die integrierte Einschaltverzögerung startet die Regelung nach dem Einschalten des Systems erst einige Zeit nachdem die Kippspiegel die Nullposition erreicht haben. Während dieser Verzögerung leuchtet die *Active*-LED noch nicht.

5.4. Drehschalter für Signalverstärkung

Zur Erleichterung der Signalverstärkung zur Leistungsaussteuerung befindet sich an der Frontseite der Regelungskassette *Active Beam Align* über jedem Detektoreingang ein mit *Gain* beschrifteter Drehschalter. Die Signalverstärkung lässt sich in drei Stufen (×1, ×4, ×14) einstellen. Dies ermöglicht eine optimale Aussteuerung bei Änderungen der Laserintensität ohne Wechsel von optischen Filtern.

5.5. Regelungsstatus (Interlock)

Wenn das System vollständig ausgeschaltet (stromlos) ist, verkippen die Piezoaktuatoren prinzipbedingt die Kippspiegel in eine Extremposition. Diese weicht um etwa 0.5 mrad (PKS) bzw. 1 mrad (PSH) von der Nullposition ab. Das System besitzt aber einen TTL-Ausgang, der benutzt werden kann, um den Laser auszuschalten oder einen Shutter zu schließen. Dadurch wird verhindert, dass ein fehlpositionierter Laser Schaden anrichten kann. Der Pegel des TTL-Ausgangs ist HIGH, wenn die Regelung aktiv ist oder die Kippspiegel in der Nullposition stehen, und LOW in allen anderen Zuständen. (So lange die Regelung nicht-aktiv geschaltet ist, ist der Pegel immer HIGH.)

5.6. Schalter für Bandbreitenbegrenzung

Die Regelungsbandbreite hat unmittelbaren Einfluss auf die Güte der Regelung. Das System kann bei zwei unterschiedlichen Regelungsbandbreiten betrieben werden. Grundeinstellung ist die hohe Bandbreite. Insbesondere bei instabilen mechanischen Aufbauten oder bei gegenseitiger Beeinflussung der Regelstufen kann es jedoch von Vorteil sein, die niedrige Bandbreite zu wählen. Hierzu befindet sich an der Rückseite des Einschubs *Active Beam Align* ein Schalter (BW, siehe Abbildung 9). Der Schalter kann für beide Regelstufen unabhängig voneinander eingestellt werden.

Abbildung 9: Bandbreiten-Schalter.

Anmerkung: Das System regelt auf den Schwerpunkt des transversalen Strahlprofils. Profilveränderungen können prinzipbedingt nicht reduziert werden.

6. Optische Komponenten

6.1. Kippspiegel-Halter PKS

Der Spiegelhalter *PKS* besitzt mit ± 0,5 mrad einen kleineren Kippbereich als der PSH-Halter. Er bietet aber mehr freien Raum hinter dem Spiegel. Zur Grobjustage der Null-Position kann der Halter auch manuell eingestellt werden. In Abbildung 10 ist der PKS-Halter gezeigt.

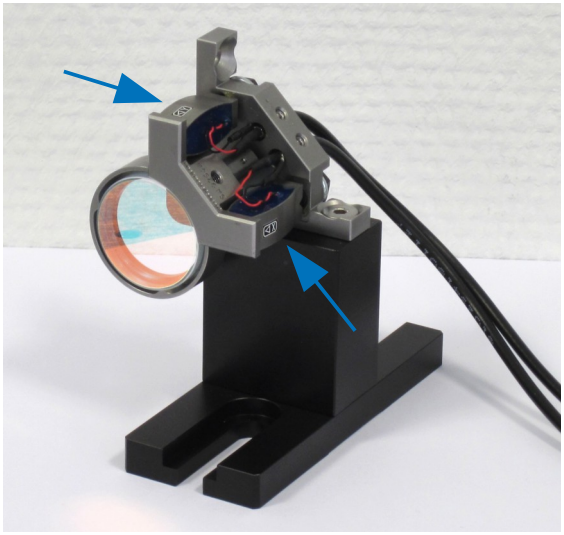


Abbildung 10: Kippspiegelhalter PKS mit einem 1" Spiegel. Die blauen Pfeile zeigen auf die x- und y-Markierungen.

6.2. Kippspiegel-Halter PSH

Der Spiegelhalter *PSH* hat einen weiten Kippbereich von ± 1 mrad. Er kann ebenfalls auch manuell eingestellt werden. Um eine hohe Resonanzfrequenz zu erzielen, ist der Spiegelhalter mit verstärkten Federn und einem Ausgleichsgewicht optimiert. Der Standardhalter wird mit 1"-Spiegeln verwendet, kann aber mit Adaptern für größere Spiegel ausgestattet werden.

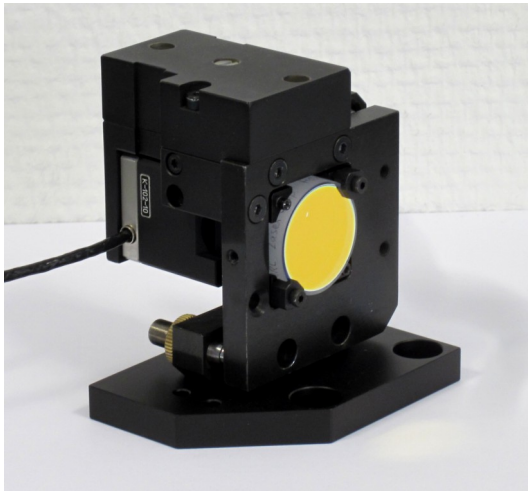


Abbildung 11a: Kippspiegelhalter PSH mit einem 1" Spiegel

Abbildung 11b: Kippspiegelhalter PSH mit Adapter für einen 2" Spiegel

Anmerkungen:

- Die bewegte Top-Platte der Piezostellelemente ist empfindlich gegen mechanische Kräfte. Bitte vermeiden Sie daher die Einwirkung starker Kräfte oder Drehmomente auf diese Platte. Der Piezo-Stack befindet sich unmittelbar hinter der Platte.
- Sollten Sie einmal den 2“-Adapter entfernen wollen, seien Sie besonders vorsichtig. Wir können hierzu eine separate Anleitung zusenden oder auch ein Werkzeug zur Verfügung stellen.

6.3. Detektoren

Abbildung 12 zeigt eine 4-Quadranten-Diode mit Halterung. Die äußeren Abmessungen des PSD-Gehäuses und des Gehäuses der UV-Detektoren sind identisch.

Abbildung 12: Detektor (4-Quadranten-Diode mit sensitiver Fläche von 10x10 mm^2 beim Detektor für sichtbares Licht und 3x3 mm^2 beim UV-Detektor)

7. Bauteil-Zeichnungen

7.1. Spiegelhalter PKS

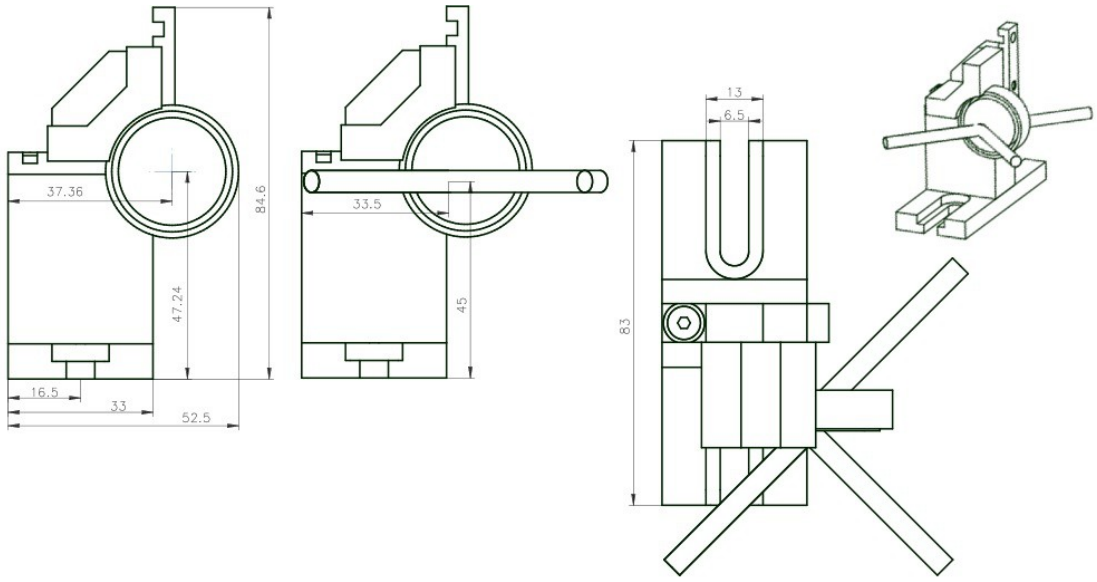


Abbildung 13: PKS Spiegelhalter. Zur besseren Orientierung ist ein typischer Laserstrahlverlauf eingezeichnet.

7.2. Spiegelhalter PSH

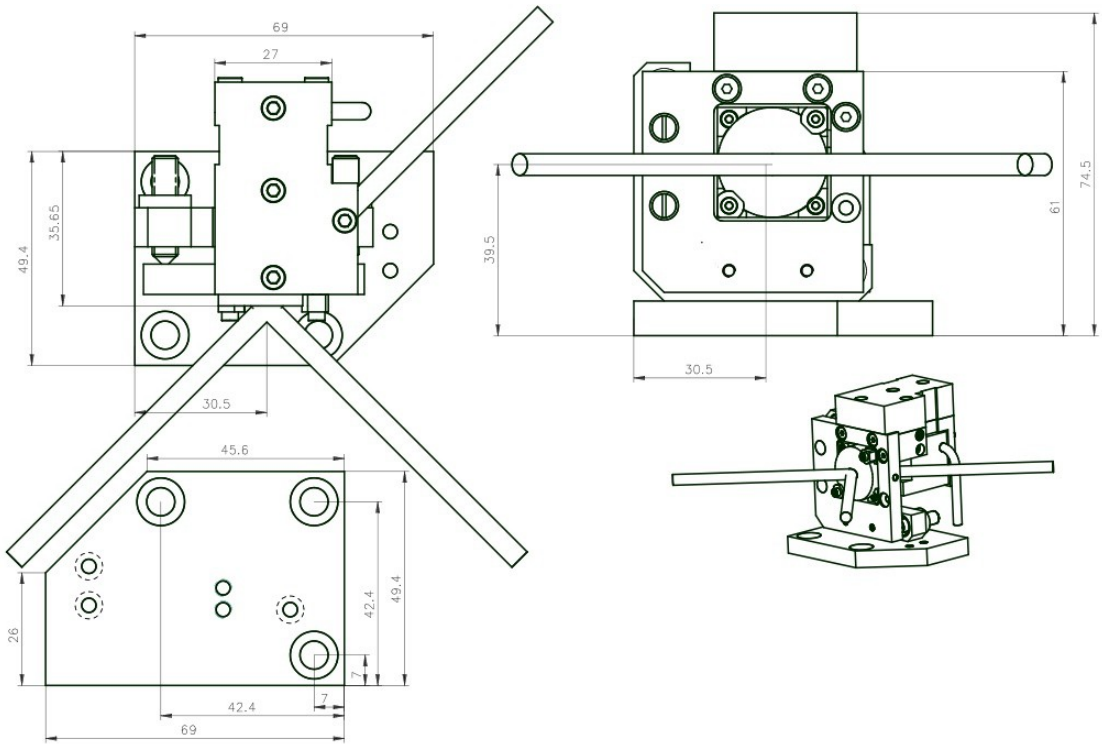


Abbildung 14: PSH Spiegelhalter. Zur besseren Orientierung ist ein typischer Laserstrahlverlauf eingezeichnet.

7.3. Detektorgehäuse

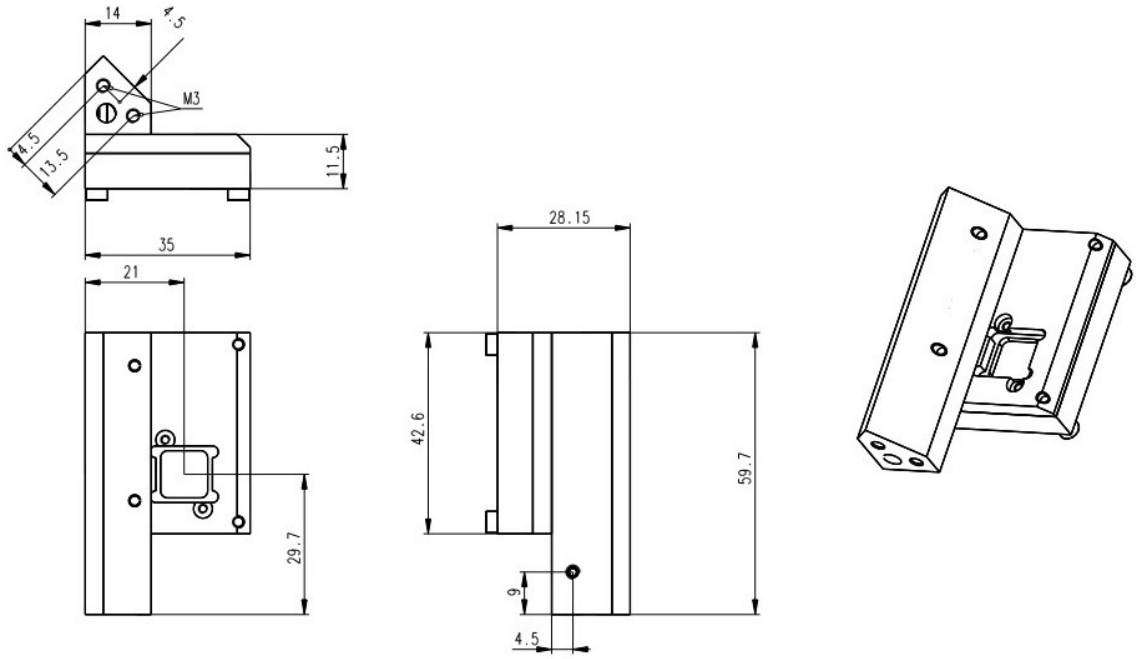


Abbildung 15: Detektorgehäuse

8. Fehlerbehebung

8.1. Keine Anzeige – alles dunkel –

Überprüfen Sie bitte, ob der Netzstecker in einer Strom führenden Steckdose steckt und der Netzschalter in der richtigen Position ist. Ist dies der Fall, entfernen Sie das Netzkabel vom Elektronik-System und prüfen die unter dem Netzschalter befindliche Sicherung. Tauschen Sie ggf. die Sicherung aus. Ist auch die Sicherung okay, setzen Sie sich bitte mit dem Hersteller oder dessen Vertreter in Verbindung.

8.2. "Dynamic" regelt nicht

Überprüfen Sie bitte die folgenden Punkte:

i. Ist von jedem Kippspiegel der LEMO-Stecker mit dem Verstärker verbunden?
ii. Ist die Leistungs-Aussteuerungsanzeige im mittleren Bereich?
iii. Wenn eine rote *Range*-LED leuchtet:
   a. Sind alle Kabel wie in Abschnitt 4-4 angeschlossen?
   b. Ist die Position des Laserstrahls noch korrekt? Wenn diese sich stark geändert hat, arbeitet die Regelung nicht mehr im linearen Regelbereich. Gehen Sie dann wie in Abschnitt 4-7 vor.
   c. Ist die Richtungskodierung korrekt eingestellt?

8.3. Die Kippspiegel sind akustisch deutlich wahrzunehmen

Schalten Sie das System **sofort** aus. Es droht irreparabler Schaden an den Aktuatoren der Kippspiegel. Überprüfen Sie die Laserleistung und nehmen ggf. erneut eine Einstellung gemäß Abschnitt 4-5 vor. Vergewissern Sie sich, dass der Laserstrahl noch aus der vorgegebenen Richtung in das System einfällt und die 4-QDs noch trifft. Bitte überprüfen Sie auch, dass keine Abschattung des Laserstrahls durch Kanten oder Blenden im Strahlengang erfolgt. Dies könnte z.B. an der Aussparung eines Piezoaktuators

der Fall sein. Wenn die rote *Range*-LED leuchtet, ist die Regelung nicht mehr im linearen Bereich. Gehen Sie dann gemäß Abschnitt 4-7 vor.

8.4. Laserposition nicht stabil

Sollte die automatische Stabilisierung des Laserstrahls trotz aktiver Regelung nicht gelingen, kann dies an einer fehlerhaften Einstellung der Richtungscodierung (siehe Abschnitt 4.6) liegen. Überprüfen Sie gegebenenfalls diese Codierung.

Eine andere Ursache kann ein instabiler mechanischer Aufbau sein, bei dem sich die Regelung aufschwingt. Üblicherweise macht sich dieses Phänomen durch ein summendes Geräusch bemerkbar. Z.B. können hohe Aufbauten der Komponenten (insbesondere derjenigen, die die Piezostellelemente tragen) zu mechanischen Instabilitäten führen. In diesem Fall kann es helfen, die Bandbreite des Systems zu begrenzen. Hierzu können Sie die *Bandbreitenbegrenzung* einschalten (siehe Abschnitt 5.6).

9. Sicherheit

Das Gerät hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, darf das Gerät nur in trockenen Innenbereichen verwendet werden.

CE Dieses Gerät erfüllt die DIN EN 61000-3-2 und somit auch die erforderliche EMV Richtlinie 89/336/EWG.

Kennzeichnung (Beispiel)

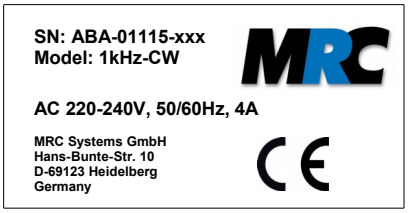


Abbildung 16: Kennzeichnung auf der Regelungselektronik

10. Checkliste für Laserdaten

Bei der Auslegung des Systems bzw. zur Unterstützung Ihrer Integration ist es hilfreich, Ihre Laser- und Aufbaudaten zu kennen. Hierzu können Sie uns die im folgenden abgefragten Angaben mitteilen:

10.1. Laserdaten

		Kunde: ….....
Wellenlänge / Bereich	.....	
mittlere Laserleistung	.....	
Pulsdauer	.....	(bei Dauerstrich-Laser bitte „cw“ eintragen)
Repetitionsrate	.....	(entfällt bei Dauerstrich-Laser)
Strahldurchmesser	.....	
Strahlprofil	.....	(qualitative Angaben wie „rund“, „elliptisch“, etc. genügen)

10.2. Aufbaudaten

Wenn möglich, senden Sie uns bitte eine Skizze oder ein Foto Ihres geplanten Aufbaus. Wir können Ihnen dann Hinweise zur Integration der Strahlstabilisierung geben. Dabei achten wir auf eine möglichst einfache Anordnung der Komponenten und auf die Abstände zwischen den Aktuatoren und den Detektoren („Armlängen“), da diese die erreichbare Winkelauflösung beeinflussen.

10.3. Spiegel

Bitte geben Sie uns Bescheid, ob wir die Spiegel stellen sollen:

Wer stellt die Spiegel? ☐ Kunde

☐ MRC (nach Absprache, gegen Aufpreis)

Folgende Spiegelgrößen werden empfohlen:

- Standard: Durchmesser 1", Dicke 1/4" (1/8" alternativ möglich)
- auf Anfrage: Durchmesser 2"

11. Kontakt

MRC Systems GmbH
Hans-Bunte-Straße 10
D-69123 Heidelberg

Telefon: 06221/13803-00
Fax: 06221/13803-01
Website: www.mrc-systems.de
E-mail: info@mrc-systems.de